



T

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 42 08 313 A 1

⑤ Int. Cl.⁵:
H 02 K 44/08

⑳ Aktenzeichen: P 42 08 313.3
㉔ Anmeldetag: 16. 3. 92
㉕ Offenlegungstag: 23. 9. 93

DE 42 08 313 A 1

㉑ Anmelder:
Heine, Bernd, 09496 Marienberg, DE

㉒ Erfinder:
gleich Anmelder

㉓ Entgegenhaltungen:
DE-PS 1 03 706
DE 40 17 684 A1
DE 36 00 195 A1
US 45 23 113
SU 6 95 470
JP Patents Abstracts of Japan: 62- 7365 A., E-513,
June 4, 1986, Vol. 11, No. 174;
60-207446 A., E-385, March 1, 1986, Vol. 10, No. 54;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Energieumwandlungsanlage mit magnetohydrodynamischen Generator zur Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie

㉕ Wärmeenergie läßt sich direkt in Elektroenergie umwandeln, wenn eine Elektrolytlösung durch ein Magnetfeld zwischen zwei Erregerspulen hindurchströmt. Senkrecht zu Magnetfeld und Strömungsrichtung bildet sich ein elektrisches Feld, welches zur Ladungstrennung führt. Im magnetischen Durchflutungsbereich kann über Kontaktelektroden ein elektrischer Gleichstrom abgenommen werden. Die so gewonnene Elektroenergie ist betragsgleich der Wärmedifferenz an der Elektrolytlösung zwischen Ein- und Austrittsseite am magnetohydrodynamischen Generator. Als Elektrolytlösungen gelangen wäßrige Lösungen von Salzen, Basen oder Säuren zum Einsatz. Verflüssigtes Ammoniak mit Natrium- oder Kaliumbeimengung ist für tiefere Arbeitstemperaturen verwendbar.

Magnetohydrodynamische Generatoren dieses Prinzips gestatten die Auslegung von Anlagen für

- Gewinnung von Elektroenergie
- Ersatz von Wärme- oder Kältepumpen
- Dampfkondensation
- Energierückgewinnung und
- Erzeugung tiefer Temperaturen.

DE 42 08 313 A 1

Beschreibung

Der magnetohydrodynamische Effekt ist ein Spezialfall der elektromagnetischen Induktion. Bewegt sich ein frei bewegliche Ladungsträger enthaltender Stoffstrom durch ein Magnetfeld, so baut sich senkrecht zu Magnetfeld und Strömungsrichtung ein elektrisches Feld auf. Dieses führt zur Ladungstrennung, so daß eine elektrische Spannung abgenommen werden kann. Die innere kinetische Energie des Stoffstromes wird direkt in elektrische Energie umgewandelt.

Zur Zeit ist die Ausnutzung des magnetohydrodynamischen Effektes nur mit auf Plasmatemperaturen erhitzten Gasströmen möglich. Das sind speziell heiße Verbrennungsgase oder Gaskreisläufe mit ionisierten, aggressiven Saatstoffen. Diese Gasströme stehen unter hohem Druck und bewirken über ihre hohe Strömungsgeschwindigkeit ein starkes elektrisches Feld. Anlagen auf dieser Grundlage sind als Versuchsanlagen und als Hochspannungsgeneratoren für die geophysikalische Forschung im Einsatz.

Die direkte Umwandlung von Wärme in Elektroenergie ist nur so lange möglich, wie sich der heiße Gasstrom im ionisierten Temperaturbereich befindet. Die hohen Temperaturen erfordern für Brennkammern, Wärmetauscher und Strömungskanäle besondere Werkstoffe. Für die wirtschaftliche Nutzung ist wegen der hohen Resttemperatur der Gase die Nachschaltung herkömmlicher Dampfkraftanlagen erforderlich.

("Elektrizität im Blickpunkt"; Walter Conrad, Seiten 17 — 19, Fachbuchverlag Leipzig, 1981, 1. Auflage)

Der im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung liegt das Problem zugrunde, die hohen Werkstoffanforderungen und anlagenbaulichen Erfordernissen zu umgehen. Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen nutzbar zu machen als auch einen möglichst hohen Wirkungsgrad für die Energieumwandlung zu erreichen.

Das genannte Problem wird mittels des im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmals gelöst. Der bewegte Ladungsträgerstrom wird von einer strömenden Elektrolytlösung gebildet. Diese wird in Abhängigkeit vom erforderlichen Arbeitstemperaturbereich ausgewählt und kann eine wäßrige Salz-, Basen- oder Säurelösung sein. Für tiefere Arbeitstemperaturen kann auch verflüssigtes Ammoniak mit darin gelöstem Natrium oder Kalium eingesetzt werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, daß für die Erzeugung von Elektroenergie im direkten Umwandlungsprozeß eine niedrige Arbeitstemperatur wählbar ist, vorhandene Energieträger, fast vollständig ausnutzbar sind und Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen erschließbar werden.

Die Anpassung der Energieumwandlungsanlagen innerhalb einer Leistungsklasse an verschiedene Wärmequellen und Energieverbraucher erfolgt durch die Anpassung der Hauptbaugruppen für Wärmeeaufnahme und Elektroenergieabgabe. Der Generatorblock einer Leistungsklasse muß nicht verändert werden, so lange der Arbeitstemperaturbereich der Elektrolytlösung nicht wesentlich beeinflußt wird.

Die umfangreichen Nutzungsmöglichkeiten sind dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Funktion einer jeden Hauptbaugruppe erhalten bleibt; auch bei unterschiedlicher wirtschaftlicher Auslegung.

Der generelle Aufbau von Energiewandlungsanlagen mit magnetohydrodynamischen Generator ist in der Zeichnung dargestellt und wird folgend näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1: Den Grundaufbau von Energieumwandlungsanlagen mit magnetohydrodynamischen Generator

Fig. 2: Den Gesamtaufbau des Generatorblockes

Fig. 3: Den Querschnitt des Generatorblockes

Fig. 4: Den Strömungskanal mit Abnahmeelektroden

Fig. 5: Das Sankey-Diagramm zur Energieumwandlung.

Jede Anlage besteht nach Fig. 1 aus folgenden Hauptbaugruppen: Hauptwärmetauscher (1), Generatorblock (2), Stromumformer/Wandler (3), Wärmerückführsystem (4) sowie Steuer- und Regelblock (5).

Der Hauptwärmetauscher entnimmt über die unterschiedlichsten Wärmeträger die Wärmeleistung einer Energiequelle und überträgt sie auf die Elektrolytlösung.

Im Generatorblock wird die erwärmte Elektrolytlösung auf die nötige Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt und durch den elektrischen Energieentzug wieder abgekühlt. Die abgegebene elektrische Leistung ist betragsgleich dem Wärmeentzug. Die Bauelemente des Generatorblockes nach den Fig. 2—4 haben folgende Aufgaben:

— Die Strömungspumpe (a) beschleunigt die Elektrolytlösung. Das ist vorteilhafterweise eine Ionenpumpe. Die Elektrolytlösung wird durch eine elektrische Spannung innerhalb eines Magnetfeldes in Bewegung gesetzt.

— Der Umwandlungsbereich besteht aus einem Strömungskanal (b) mit reihenverschalteten Abnahmeelektroden (Fig. 4), welcher sich im Luftspalt zwischen den Erregermagneten (c) befindet. Abnahmeelektroden und Verbindungskontakte sind in Kunstharz eingegossen und bilden so den Strömungskanal. Die Magnete sind paarweise zu Blöcken geordnet. Sie bestehen aus mehrstufigen Spulen (c1) mit Eisenkern (c2). Alle Bauteile ruhen auf einer eigenen Abstützung (d) und werden von Transformatorenöl umspült. Im Generatorgehäuse (e) sind weiterhin Rippenrohre (f) eingebaut. Durch sie fließt ein Teil der abgekühlten Elektrolytlösung und nimmt die Abwärme der Erregerpulen wieder auf.

Der Generatorblock kann als selbsterregter Nebenschluß-Gleichstromgenerator betrieben werden.

Der Stromumformer ist je nach der Aufgabe der Anlage ein leistungselektronisch gesteuerter Transformator oder ein anderer elektrischer Verbraucher, der den Gleichstrom in die gewünschte Energieart umwandelt.

Das Wärmerückführsystem nimmt die Verlustwärme der Hauptbaugruppen über eigene Wärmetauscher auf und überträgt sie wieder auf die Elektrolytlösung. Die Umwandlungsverluste werden so in einem geschlossenen Kreislauf ständig zurückgeführt, wie im Sankey-Diagramm nach Fig. 5 zu ersehen ist.

Der Steuer- und Regelblock überwacht die Meßwerte der Ein- und Austrittstemperaturen an Generatorblock und Hauptwärmetauscher. An der Rechneinheit erfolgt der Vergleich mit der elektrischen Leistung an

Generator und Stromumformer. Als Grundregelstrecke wird die Wärmeumsetzung an der Elektrolytlösung benutzt. Die Meßwerte der elektrischen Energieabgabe werden als schnellwirkende Hilfsstellgrößen auf die Grundregelstrecke aufgeschlagen und wirken so vor der Trägheit des Temperaturkreislaufes auf die Leistung einer Primärenergiequelle ein.

Die Modifizierung der Energieumwandlungsanlagen erfolgt einfach durch die technologische Funktionsbelegung der Hauptbaugruppen.

Bei Gewinnung elektrischer Energie für Außenverbraucher wird der Stromumformer (Transformator) so bemessen, daß er den Generatorgleichstrom in die Stromart mit den gewünschten Parametern umwandelt. Die Konstruktion des Hauptwärmetauschers hängt vom Wärmeträgerangebot der verfügbaren Energiequelle ab.

Beim Ersatz von Wärme- und Kältepumpen nimmt der Hauptwärmetauscher die Wärmeenergie der zu kühlenden Seite auf und überträgt sie auf die tieftemperierte Elektrolytlösung. Diese ist hier eine hochkonzentrierte Salzlösung mit niedrigen Gefrierpunkt. Im Generatorblock wird die aufgenommene Wärme in elektrische Energie umgewandelt. Die dabei zurückgekühlte Salzlösung fließt zur Kühlerseite zurück. Der Generatorgleichstrom wird über einen Heizwiderstand in Wärme mit höherer Temperatur umgewandelt und auf andere Stoffströme übertragen.

Der Einsatz als Dampfkondensator erfordert hauptsächlich die prozeßgerechte Gestaltung des Hauptwärmetauschers. Die Auswahl der Elektrolytlösung hängt ab von den Temperaturbereichen der niederzuschlagenden Dämpfe. Kaldämpfe erfordern hochkonzentrierte Salzlösungen bzw. sogar verflüssigtes Ammoniak mit Natrium- oder Kaliumbeimengung als Elektrolytlösung. Den erzeugten Generatorgleichstrom kann man beliebigen technischen Prozessen zuführen.

Die Energierückgewinnung erfordert die Anpassung des Hauptwärmetauschers an den entsprechenden Abwärmestrom, sei es Hitzeabstrahlung, Abluft, erwärmtes Kühlwasser oder Brüdemampf. Der Generatorgleichstrom kann zur Schaffung weitgehend geschlossener Energiekreisläufe genutzt werden.

Für die Erzeugung tiefer Temperaturen gilt das Prinzip des Kältepumpeneinsatzes. Als Kühlmedium und Elektrolytlösung wird verflüssigtes Ammoniak mit Natrium- oder Kaliumbeimengung benutzt. So kann man direkt in Temperaturbereiche bis ca. -40°C vordringen. Mit der am Generator abzunehmenden Elektroenergie könnten die Kompressoren für Mehrstufen-Gasentspannungsanlagen zur Erzeugung tiefster Temperaturen mitangetrieben werden. Die Abwärme der Verdichterstufen wird wieder auf die kalte Elektrolytlösung zurückgeführt. So könnte man die Kosten zur Gasverflüssigung und Kühlung technischer Systeme, wie supraleitende Spulen und Beschleuniger, senken.

Die Entsalzung von Meereswasser erfolgt durch Destillation. Der Hauptwärmetauscher schlägt den Wasserdampf nieder, kühlt das Kondensat und überträgt diese Wärme auf die kalte Elektrolytlösung. Diese fließt erwärmt zum Generatorblock, wo die Wärmeleistung in einen elektrischen Gleichstrom umgewandelt wird. Dieser betreibt die elektrisch beheizten Verdampfer. Die hochkonzentrierte Restsole aus der Eindampfung wird im Nebenwärmetauscher durch den Generatorkreislauf gekühlt. Dabei lassen sich gleichzeitig die Salze aus der Sole ausfällen.

Im Anschluß wird die überschlägige Bemessung von magnetohydrodynamischen Generatoren dargelegt.

Die Generatorblöcke sind mit einer 4%igen Salzlösung im Temperaturbereich von $0-100^{\circ}\text{C}$ einsetzbar. Die Temperaturdifferenz an der Elektrolytlösung wird möglichst klein gewählt, um über den Volumenstrom eine höhere Quellspannung zu erreichen. Eine niedrige Temperatur am Generatorblock gestattet die Anwendung kleinerer Wärmetauscher.

Für tiefere Temperaturen von "Wärmequellen" wird einfach die Elektrolytlösung mit dem niedrigeren Gefrierpunkt eingesetzt.

Beispiel A

Generatorblock für eine äußere Verbraucherleistung von 1000 kW

- 5
1. Nennleistung Außenverbraucher: $P_N = 1000 \text{ kW}$
2. Grundleistung Elektrolytlösung:
(geschätzter Umwandlungsverlust = 15%) $P_G = P_N \times 1,15 = \underline{1150 \text{ kW}}$
- 10
3. Parameter Elektrolytlösung : Salzwasser; 4 % Natriumchlorid
- spezifischer el. Widerstand $\rho_{SP} = 0,3 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$
- 15 Dichte $\rho_P = 1000 \text{ kg/m}^3$
- spezifische Wärmekapazität $C = 4 \text{ KJ/kgK}$
- Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta = 5 \text{ K}$
- 20 Strömungsgeschwindigkeit $\vec{v} = 20 \text{ m/s}$
- Massen/Volumenstrom $\dot{V} = \frac{P_G}{C \cdot \Delta \vartheta} = 57,5 \text{ kg/s} = \underline{57,5 \text{ l/s}}$
- 25 4. Strömungsgeschwindigkeit und Erregerfeld
- Querschnitt des Umwandlungskanals $A_u = \frac{\dot{V}}{\vec{v}} = \frac{28,8 \text{ cm}^3}{\text{s}} = 25 \text{ cm} \times 1,15 \text{ cm}$
- Erregermagnetfeld $B_E = 1,9 \text{ T}$
- 30 Ursprungsfeld $E_0 = \vec{v} \times B_E = 38 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
5. Parameter Spannungsquelle
- 35 Klemmspannung für Stromumformer bzw. Wandler $U_K = 380 \text{ V}$
- Ursprung im Umwandlungsbereich $U_0 = 2 \times U_K = \underline{760 \text{ V}}$
- 40 Ursprung pro Elektrodenpaar $U_{0Z} = 38 \frac{\text{V}}{\text{m}} \times 0,25 \text{ m} = \underline{9,5 \text{ V}}$
- Anzahl Elektrodenpaare $N_z = U_0 : U_{0Z} = \underline{80}$
- Außen- und Innenwiderstand $\Sigma R_{A,i} = U_K^2 : P_G = \underline{0,1255 \Omega}$
- 45 Innenwiderstand Elektrolyt $R_{iEL} = (0,63 \times \Sigma R_i) : 80 = 0,988 \text{ m}\Omega$
- Innenwiderstand Kontakte $R_{iK} = (0,37 \times \Sigma R_i) : 80 = 0,580 \text{ m}\Omega$
- Kontaktfläche einer Elektrode $A_{EL} = (\rho_{sp} \cdot b_K) : R_{iEL} = \underline{76 \text{ mm}^2}$
- $\Sigma J = P_G : U_K = \underline{3026,31}$
- 50 6. Festlegung der Abmessungen für den Strömungskanal
- Querschnitt Elektrolytlösung
= Kontaktfläche Elektrode $A_{EL} = 76 \text{ mm}^2$
- 55 Höhe Kontaktelektrode $h_K = 11,5 \text{ mm}$
- Länge Kontaktelektrode $l_K = 6,6 \text{ mm}$
- Länge Energieumwandlungsbereich
(festgelegter Elektrodenabstand = 5 mm) $l_u = (6,6 \text{ mm} + 5 \text{ mm}) \times 80 = \underline{930 \text{ mm}}$
- 60 Festlegung magnetischer Durchflutungsbereich $\underline{1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}}$
- 65

7. Bemessung der Erregermagnete

Kontaktmagnetfeldstärke	$H_K = \frac{N_L \cdot \Sigma J}{L_u} = 260,327 \frac{A}{m}$	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$	
		$\mu_r = 60 \cdot 10^3$ (Texturblech)	5
Flußdichte Kontaktmagnetfeld	$B_K = \mu_0 \cdot H_K = 0,32714 \text{ T}$		
eisengesättigtes Magnetfeld	$B_{Fe} = 1,9 \text{ T}$	$H_{Fe} = \frac{B_{Fe}}{(\mu_0 \mu_r)}$	
Übersättigungsfeld	$B_{\Sigma} = B_K - B_{Fe}$		10
gesamte Magnetfeldstärke	$\Sigma B = B_K + B_{Fe} + B_{\Sigma} = 2,22714 \text{ T}$	$\Sigma H = 260\,352,2 \frac{A}{m}$	

8. Festlegung Leistung Erregermagnete $P_{\mu} = 0,05 \times P_N = 50 \text{ kW}$ 15

Der Erregermagnet besteht aus einem Magnetblock zu je zwei Polschuhen in je drei Stufen. Die Magnetspulen sind durch Eisenkerne gesättigt.

elektrische Leistung	1. Stufe 8000 W	Eisenkerne	100 cm × 30 cm	20
	2. Stufe 8500 W		100 cm × 20 cm	
	3. Stufe 8500 W		100 cm × 10 cm	

Spulenlänge pro Magnetstufe	$L_{SP} = \delta_l \times \frac{\Sigma B}{\mu_0 \Sigma H} = 5 \text{ cm} \times \frac{2,22714 \text{ T}}{0,32717 \text{ T}} = 34 \text{ cm}$	25
-----------------------------	--	----

Bemessung der 1. Magnetstufe	Spulenlänge der Polschuhe = $0,5 \times L_{SP} = 17 \text{ cm}$	
------------------------------	---	--

el. Leistung 8000 W bei 380 V =	el. Widerstand $R_{SP} = 18,05 \Omega$	
---------------------------------	--	--

el. Strom in Felderzeugerrichtung	$(N \times J) = \Sigma H \cdot 0,5 L_{SP} = 44,260 \text{ A}$	30
-----------------------------------	---	----

Windungszahl der Stufe N_{St} =	$(N \times J) : J_{SP} = 2103$	
-----------------------------------	--------------------------------	--

Überschlag Kupferlänge der Spule	$L_{Cu} \approx 2103 \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 1,25 \approx 6835 \text{ m}$	
----------------------------------	---	--

Kupferquerschnitt	Windungen pro Lage = $170 \text{ mm} : 3 \text{ mm} = 56$	
-------------------	---	--

	Lagen pro Stufe = $2103 : 56 = 38$	35
--	------------------------------------	----

	$J_{St} = \frac{P_{St}}{U_{St}} = \frac{8000 \text{ W}}{380 \text{ W}} = 21,05 \text{ A}$	
--	---	--

$A_{CU} = (\rho_{CU} \cdot L_{CU}) : R_{SP}$	40
--	----

$= (0,0175 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 6835 \text{ m}) : 18,05 \Omega$	
--	--

$= 6,63 \text{ mm}^2$	45
-----------------------	----

$d_{CU} = \sqrt{\frac{4 A_{CU}}{\pi}} \approx 3 \text{ mm} (+ \text{Isolation})$	50
--	----

50

55

60

65

Beispiel B

Generatorblock für eine äußere Verbraucherleistung von 10 MW

- 5 1. Nennleistung Außenverbraucher: $P_N = 10 \text{ MW}$
2. Grundleistung Elektrolytlösung:
(geschätzter Umwandlungsverlust = 15%) $P_G = P_N \times 1,15 = \underline{11,5 \text{ MW}}$
- 10 3. Parameter Elektrolytlösung : Salzwasser; 4% Natriumchlorid
- spezifischer el. Widerstand $\rho_{SP} = 0,3 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$
- 15 Dichte $\rho_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- spezifische Wärmekapazität $C = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
- 20 Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta = 50 \text{ K}$
- Strömungsgeschwindigkeit $\vec{v} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- 25 Massen/Volumenstrom $\dot{V} = \frac{P_G}{C \cdot \Delta \vartheta} = \frac{11,5 \cdot 10^6 \text{ J/s}}{4 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 50 \text{ K}}$
- $= 57,5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \triangleq \underline{57,5 \frac{\text{l}}{\text{s}}}$
- 30 4. Strömungsgeschwindigkeit und Erregerfeld
- Querschnitt des Umwandlungskanals $A_u = \frac{\dot{V}}{\vec{v}} = \underline{28,8 \text{ cm}^2} = 25 \text{ cm} \times 1,15 \text{ cm}$
- 35 Erregermagnetfeld $B_E = 1,9 \text{ T}$
- Urspannungsfeld $E_0 = \vec{v} \cdot B_E = \underline{38 \frac{\text{V}}{\text{m}}}$
- 40 5. Parameter Spannungsquelle
- Klemmspannung für Stromumformer
bzw. Wandler $U_K = 380 \text{ V}$
- 45 Urspannung im Umwandlungsbereich $U_0 = 2 \times U_K = \underline{760 \text{ V}}$
- Urspannung pro Elektrodenpaar $U_{0Z} = 38 \frac{\text{V}}{\text{m}} \times 0,25 \text{ m} = \underline{9,5 \text{ V}}$
- Anzahl Elektrodenpaare $N_z = U_0 : U_{0Z} = \underline{80}$
- 50 Außen- und Innenwiderstand $\Sigma R_{Ni} = U_K^2 : P_G = \underline{0,01255 \Omega}$
- Innenwiderstand Elektrolyt $R_{iEL} = (0,63 \times \Sigma R_i) : 80 = 0,0988 \text{ m}\Omega$
- Innenwiderstand Kontakte $R_{iK} = (0,37 \times \Sigma R_i) : 80 = 0,0580 \text{ m}\Omega$
- 55 Kontaktfläche einer Elektrode $A_{EL} = (\rho_{SP} \times b_K) : R_{iEL} = \underline{759 \text{ mm}^2}$
- $\Sigma J = P_G : U_K = \underline{30\,263,2 \text{ A}}$

6. Festlegung der Abmessungen für den Strömungskanal

Querschnitt Elektrolytlösung = Kontaktfläche Elektrode	$A_L = 759 \text{ mm}^2$	5
Höhe Kontaktelektrode	$h_K = 11,5 \text{ mm}$	
Länge Kontaktelektrode	$l_K = 66,0 \text{ mm}$	
Länge Energieumwandlungsbereich (festgelegter Elektrodenabstand = 5 mm)	$l_u = (66 \text{ mm} + 5 \text{ mm}) \times 80 = 5680 \text{ mm}$	10
Festlegung magnetischer Durchflutungsbereich	6 Abschnitte <u>$(950 \text{ mm} \times 250 \text{ mm})$</u>	

7. Bemessung der Erregermagnete

Kontaktmagnetfeldstärke	$H_K = \frac{N_Z \cdot \Sigma J}{L_u} = \frac{426\,243 \cdot \frac{\text{A}}{\text{m}}}{\text{m}}$	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ $\mu_r = 60 \cdot 10^3 \text{ (Texturblech)}$	15
Flußdichte Kontaktmagnetfeld	$B_K = \mu_0 \cdot H_K = 0,5356 \text{ T}$		
eisengesättigtes Magnetfeld	$B_{Fe} = 1,9 \text{ T}$	$H_{Fe} = \frac{B_{Fe}}{(\mu_0 \mu_r)}$	20
Übersättigungsfeld	$B_{\bar{u}} = B_E - B_{Fe}$		
gesamte Magnetfeldstärke	$\Sigma B = B_K + B_{Fe} + B_{\bar{u}} = 2,4356 \text{ T}$	$\Sigma H = 426\,268,2 \frac{\text{A}}{\text{m}}$	25

8. Festlegung Leistung Erregermagnete

$$P_{\mu} = 0,05 \times P_N = 500 \text{ kW}$$

Der Erregermagnet besteht aus 6 Magnetblöcken zu je drei Polschuhen in je drei Stufen. Die Magnetspulen sind durch Eisenkerne gesättigt.

elektrische Leistung	1. Stufe 13 800,- W	Eisenkerne	100 cm × 30 cm	30
	2. Stufe 13 800,- W		100 cm × 20 cm	
	3. Stufe 13 800,- W		100 cm × 10 cm	

$$\text{Spulenlänge pro Magnetstufe} \quad L_{SP} = \delta_L \times \frac{\Sigma B}{\mu_0 \Sigma H} = 5 \text{ cm} \times \frac{2,4356 \text{ T}}{0,53566 \text{ T}} = 23 \text{ cm} \quad 35$$

$$\begin{aligned} \text{Bemessung der 1. Magnetstufe} \quad & \text{Spulenlänge pro Polschuh} = 0,5 L_{SP} \approx 12 \text{ cm} \\ \text{el. Leistung 13 800,- W bei 380 V} \quad & \text{el. Widerstand } R_{SP} = 10,46 \Omega \quad 40 \end{aligned}$$

$$\text{el. Strom in Felderzeugerrichtung} \quad (N \cdot J) = \Sigma H \times 0,12 \text{ m} = 51\,152,2 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\text{Windungszahl der Stufe} \quad N_{St} = (N \cdot J) : J_{SP} = 1409 \quad 45$$

$$\text{Überschlag Kupferlänge der Spule} \quad L_{CU} = 1409 \times 2,6 \text{ m} \times 1,25 = 4580 \text{ m}$$

$$\text{Kupferquerschnitt} \quad \text{Windungen pro Lage} = 120 \text{ mm} : 3,2 \text{ mm} = 37$$

$$\text{Lagen pro Stufe} = 1409 : 37 = 38$$

$$J_{St} = \frac{P_{St}}{U_{St}} = \frac{13\,800 \text{ W}}{380 \text{ W}} = 36,3 \text{ A} \quad 50$$

$$\begin{aligned} A_{CU} &= (\rho_{CU} \cdot L_{CU}) : R_{SP} \\ &= (0,0175 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 4580 \text{ m}) : 10,46 \Omega \quad 55 \\ &= 7,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d_{CU} = \sqrt{\frac{4 A_{CU}}{\pi}} \approx 3,2 \text{ mm (+ Isolation)} \quad 60$$

Bemessung der Strömungspumpe für den Generatorblock 1000 kW/N

Länge Strömungskanal:

$$(Magnetlänge \times Anzahl) + Abstand + Länge Pumpe = L_{Str.}$$

$$1000 \text{ mm} + 250 \text{ mm} + 80 \text{ mm} = \underline{1330 \text{ mm}}$$

$$\text{Überdruck am Ende des Strömungskanals: } p_A = \frac{\rho \cdot \vec{v}^2}{2 A_u^2} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(57,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot (28,8 \text{ cm}^2)^2} = \underline{199\,306 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Strömungsdruck im Kanal:

$$p_{St} = \frac{\rho \cdot \vec{v}^2}{2} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 400 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2} = \underline{200\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Reibungsverlust im Kanal:

$$p_{vR} = h_v \times \rho \times g \times \frac{24}{44} = 236 \text{ m} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= \underline{1\,262\,815, - \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Gesamtdruck an der Elektrolytlösung:

$$\Sigma p = \underline{1\,662\,121, - \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$\text{Strömungsleistung: } P_{Str} = \Sigma p \times \vec{V} = \underline{95,6 \text{ kW}}$$

Magnetfeld für Ionenpumpe:

$$B_{Fe} = 1,9 \text{ T} \quad \text{Impulsfeld: } E = \vec{v} \times B = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,9 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \underline{38 \frac{\text{V}}{\text{m}}}$$

$$\text{Arbeitsstromstärke: } J_{Str} = P_{Str} : U_{Str} = \underline{10\,063, - \text{A}}$$

elektrische Spannung für Strömungsarbeit:

$$U_{Str} = E \cdot b_k = 38 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,25 \text{ m} = \underline{9,5 \text{ V}}$$

Kontaktfläche für Ionenpumpe:

$$A_p = \frac{\rho_{El} \cdot b_k \cdot J_{Str}}{U_{Str}} = \underline{80 \text{ mm}^2} = 7 \text{ mm} \times 11,5 \text{ mm}$$

Bemessung der Strömungspumpe für den Generatorblock 10 MW/N

Länge Strömungskanal:

$$(Magnetlänge \times Anzahl) + Abstand + Länge Pumpe = L_{Str.}$$

$$1250 \text{ mm} \times 6 + 250 \text{ mm} + 150 \text{ mm} = \underline{7900 \text{ mm}}$$

$$\text{Überdruck am Ende des Strömungskanals: } p_A = \frac{\rho \cdot \vec{v}^2}{2 A_u^2} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(57,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot (28,8 \text{ cm}^2)^2} = \underline{199\,306 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Strömungsdruck im Kanal:

$$p_{St} = \frac{\rho \cdot \vec{v}^2}{2} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 400 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2} = \underline{200\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Reibungsverlust im Kanal:

$$p_{vR} = h_v \cdot \rho \cdot g \times \frac{24}{44} = 1405 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= \underline{7\,518\,027 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Gesamtdruck an der Elektrolytlösung:

$$\Sigma p = \underline{7\,917\,333, - \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

Strömungsleistung: $P_{\text{Str}} = \Sigma_p \times \overset{0}{V} = \underline{455 \text{ kW}}$

Magnetfeld für Ionenpumpe: $B_{\text{Fe}} = 1,9 \text{ T}$ Impulsfeld: $E = \vec{v} \times B = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,9 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \underline{38 \frac{\text{V}}{\text{m}}}$ 5

Arbeitsstromstärke: $J_{\text{Str}} = P_{\text{Str}} : U_{\text{Str}} = \underline{47\,895, - \text{ A}}$

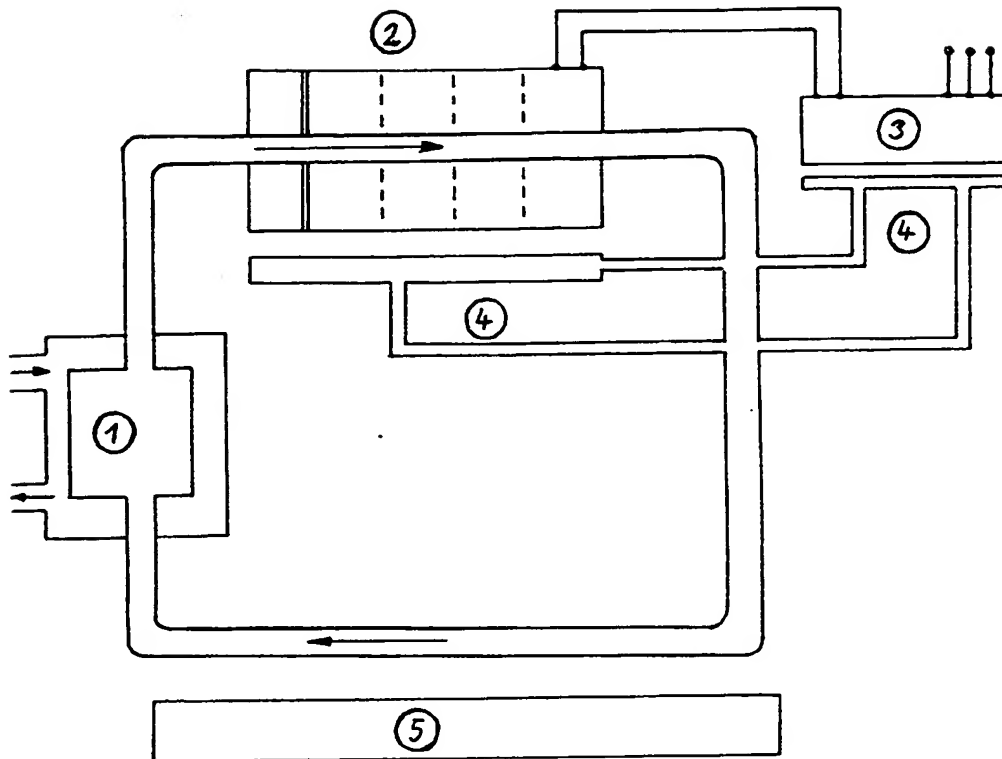
elektrische Spannung für Strömungsarbeit: $U_{\text{Str}} = E \cdot b_k = 9,5 \text{ V}$ 10

Kontaktfläche für Ionenpumpe: $A_p = \frac{\rho_{\text{EL}} \cdot b_k \cdot J_{\text{Str}}}{U_{\text{Str}}} = \underline{380 \text{ mm}^2} = 33 \text{ mm} \times 11,5 \text{ mm}$ 15

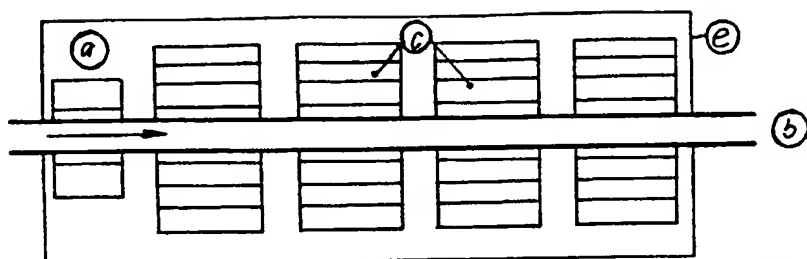
Patentansprüche

1. Energieumwandlungsanlage mit magnetohydrodynamischen Generator zur Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträgerstrom zur Erzeugung der Ladungstrennung im magnetohydrodynamischen Umwandlungsprozeß von einer strömenden Elektrolytlösung gebildet wird. 20
2. Energieumwandlungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträgerstrom von einer wäßrigen Salzlösung gebildet wird.
3. Energieumwandlungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträgerstrom von einer wäßrigen Basenlösung gebildet wird. 25
4. Energieumwandlungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträgerstrom von einer wäßrigen Säurelösung gebildet wird.
5. Energieumwandlungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträgerstrom von verflüssigten Ammoniak mit darin gelösten Natrium oder Kalium gebildet wird. 30

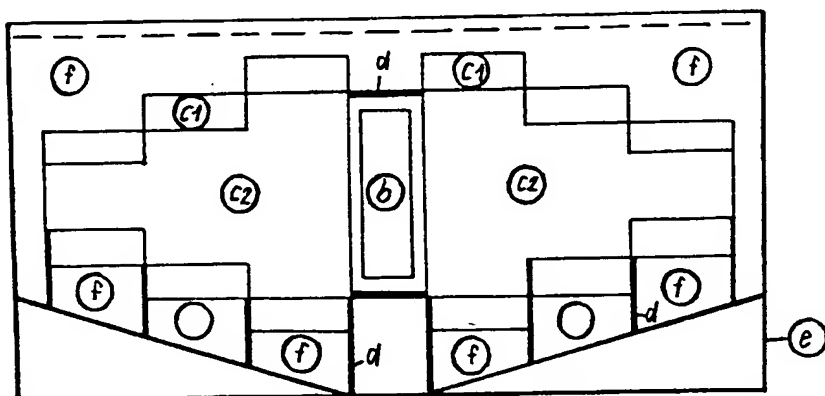
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



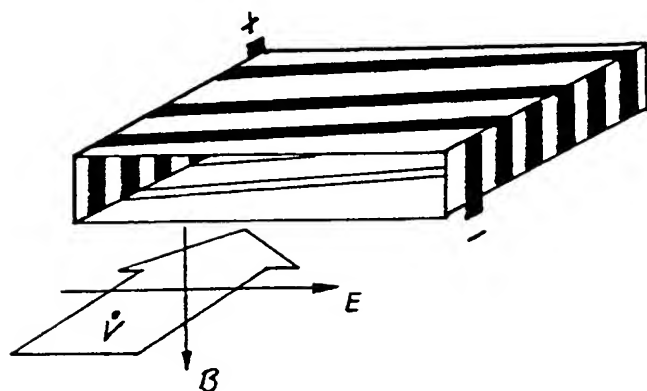
Figur 1.



Figur 2

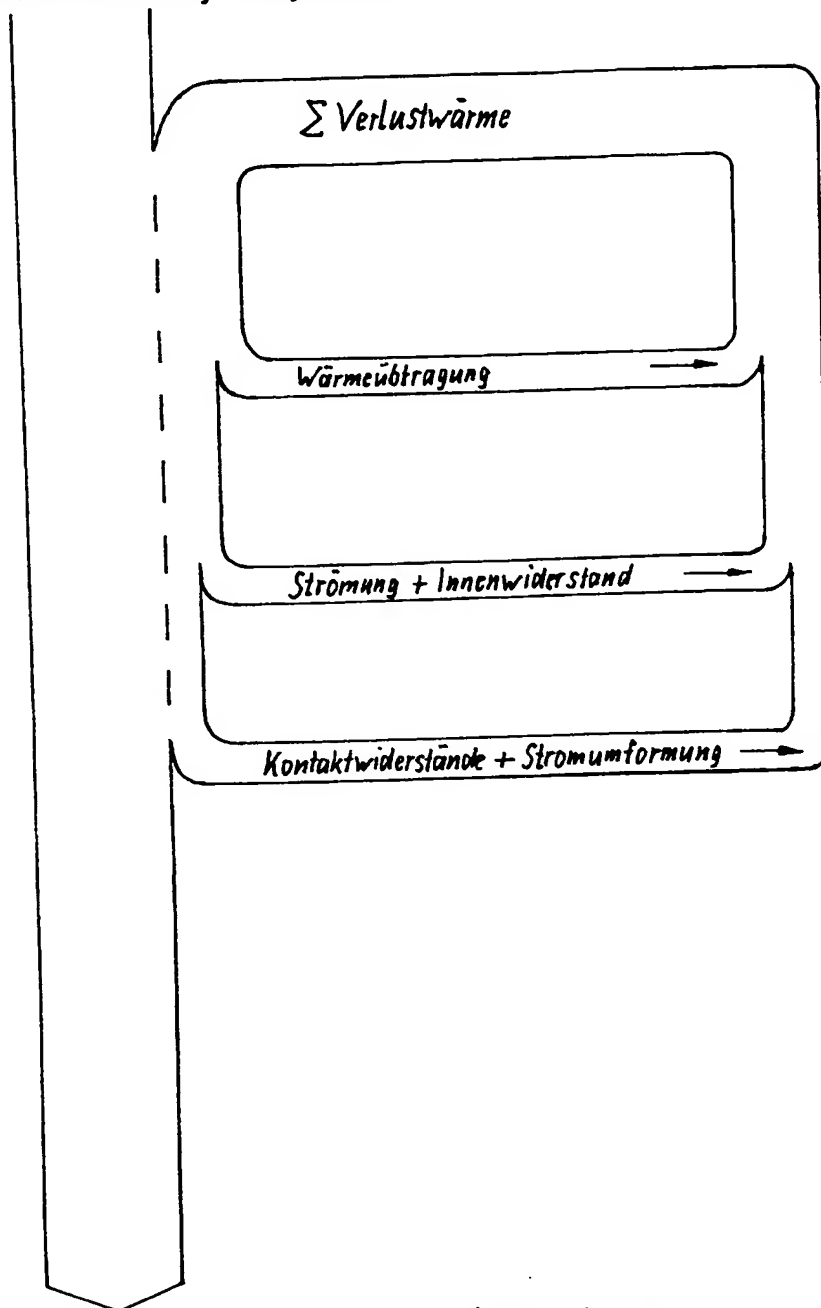


Figur 3



Figur 4

Wärmeleistung Energiequelle



elektrische Leistungsabgabe zum Außenverbraucher

Figur 5

PUB-NO: DE004208313A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4208313 A1

TITLE: Energy conversion appts. - comprises
magneto-hydrodynamic generator, to convert heat into
electrical energy and electrolyte soln. as charge carrier
stream

PUBN-DATE: September 23, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HEINE, BERND	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HEINE BERND	DE

APPL-NO: DE04208313

APPL-DATE: March 16, 1992

PRIORITY-DATA: DE04208313A (March 16, 1992)

INT-CL (IPC): H02K044/08

EUR-CL (EPC): H02K044/08

US-CL-CURRENT: 417/50

ABSTRACT:

Energy conversion appts. comprises a magneto-hydrodynamic generator to convert heat energy into electrical energy. The charge carrier stream, to produce charge sepn. in the magnetohydrodynamic conversion process, is an electrolyte soln. ADVANTAGE - Electroenergy is produced in a direct conversion process at a low working temp.